4M

УДК 004.89:004.93

К.В. Мурыгин
Институт проблем искусственного интеллекта МОН Украины и НАН Украины, г. Донецк
kir@iai.donetsk.ua

Нормализация изображения автомобильного номера и сегментация символов для последующего распознавания

В статье приводятся результаты решения задачи нормализации автомобильного номера и обнаружения символов на изображении номера для проведения их дальнейшего распознавания. Под нормализацией здесь понимается поворот изображения номера в плоскости изображения так, чтобы строка символов располагалась горизонтально. Для решения этой задачи используется глобальный анализ изображения при помощи преобразования Хафа. Сегментация символов основывается на использовании моделей расположения символов на номере. В ходе сопоставления различных моделей с реальным изображением определяется модель, имеющая наилучшее соответствие, параметры которой используются для получения координат символов. Такой подход позволил также определять тип номера и принадлежность символа к буквам или цифрам, что облегчает их дальнейшее распознавание. Предложенный алгоритм нормализации и сегментации символов позволяет использовать его в системах распознавания автомобильных номеров.

Введение

В настоящее время существует достаточно много систем автоматического распознавания автомобильных номеров. Важной особенностью существующих решений этой задачи является их ориентированность на национальные стандарты номерных знаков, которые могут отличаться по многим характеристикам: размер, форма, цвет символов и фона, количество и состав (буквы и цифры) символов, алфавит символов. Поэтому задача автоматического распознавания номерных знаков автотранспортных средств, соответствующих стандартам, принятым в Украине, является актуальной и практически важной для предоставления целого спектра возможностей автоматизированного управления движением автотранспорта. Кроме этого, отдельные алгоритмы и методы, успешно используемые для распознавания номеров, могут получить обобщение и найти широкое применение в других задачах, связанных с компьютерной обработкой и анализом цифровых изображений.

Решение задачи распознавания автомобильных номеров можно представить в виде комплекса алгоритмов обработки и анализа изображений, включающего в себя обнаружение области номера на изображении, сегментацию символов и распознавание символов. Решение задачи обнаружения номерного знака может быть выполнено согласно подходу, предложенному в работе [1].

Целью данной статьи является разработка методов и алгоритмов нормализации найденных изображений номерных знаков и сегментации символов на них. Необходимость разработки подобных методов и алгоритмов связана с возможностью геометрических искажений изображения номера, что обусловлено разнообразными условиями его получения.

В качестве исходных данных, поступающих на вход разрабатываемых алгоритмов нормализации и сегментации, будем использовать изображения найденных однострочных номерных знаков. Такие изображения могут иметь следующие отклонения от эталонного изображения номера, имеющего нулевой угол поворота в плоскости

изображения (рис. 1): угол наклона номера в плоскости изображения может находиться в интервале от –10 до +10 градусов; возможны изменения отношения горизонтального размера к вертикальному размеру в интервале [0,6$К_{эт}$; 1,2 $К_{эт}$], что может быть обусловлено изменениями ракурса съемки. Здесь $К_{эт}$ – эталонное отношение горизонтального размера изображения номера к вертикальному размеру, равное, согласно принятому стандарту, 520/112 [2].



а)



б)

Рисунок 1 – а) эталонное изображение номера;
б) примеры изображений номеров, поступающих на вход алгоритмов нормализации и сегментации

Для успешной сегментации символов на входных изображениях номеров, примеры которых приведены на рис. 1, предлагается разбить задачу на два последовательных этапа. На первом этапе выполняется нормализация изображения, заключающаяся в повороте изображения таким образом, чтобы символы на нем располагались горизонтально. На втором этапе проводится обработка нормализованного изображения с целью выделения символов.

Нормализация изображения автомобильного номера

Нормализация изображения номерного знака проводится в два этапа. На первом этапе определяется угол поворота номера в плоскости изображения. На втором – выполняется алгоритм получения нормализованного изображения номера из исходного изображения с учетом угла его поворота (рис. 2).

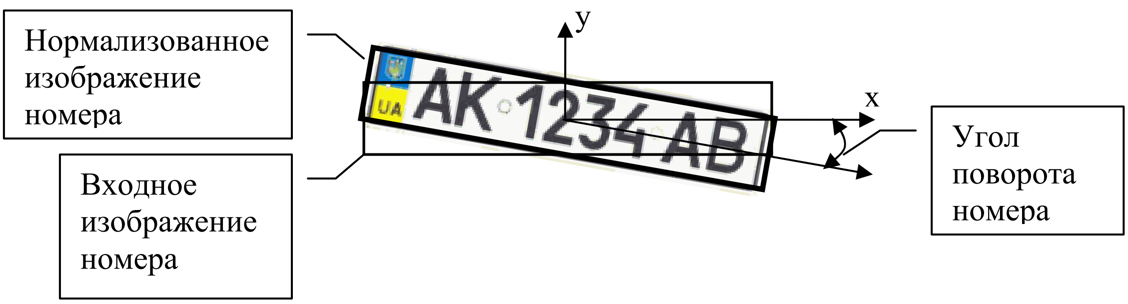


Рисунок 2 – Схема получения нормализованного изображения номера

Для поворота области изображения, соответствующей, нормализованному номеру, используется алгоритм, основанный на соответствующем аффинном преобразовании координат. Для уменьшения искажений изображения при повороте, связанных с его дискретным характером, используется метод, основанный на билинейной интерполяции по ближайшим четырем пикселям [3].

Определение угла поворота изображения номерного знака выполняется с использованием нескольких этапов обработки и анализа изображений.

На первом этапе выполняется операция подчеркивания границ на изображении на основе линейного оператора Собеля для горизонтальных границ, имеющего маску свертки:

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}.$$

Приведенный оператор более чувствительный к направлениям границ, близким к горизонтальному, поэтому позволяет хорошо выделить на изображении верхнюю и нижнюю часть номерного знака, как показано на рис. 3.



а)



б)



в)

Рисунок 3 – а) фрагмент исходного изображения с найденным положением номера; б) вырезанное изображение номерного знака с расширением на 40% в вертикальном направлении; в) результат подчеркивания границ

На втором этапе выполняется расчет карты плотностей найденных точек границ в пространстве коэффициентов линейных зависимостей пространственных координат согласно преобразованию Хафа [3]. Целью второго этапа является определение уравнения прямых, соответствующих верхней и нижней границе номерного знака. Каждая точка карты границ, полученной на предыдущем этапе, порождает целое семейство прямых, проходящих через нее:

$$y_{ij} = ax_{ij} + b,$$

что в пространстве линейных коэффициентов также соответствует прямой:

$$b = x_{ij}a - y_{ij}.$$

Наделяя прямые в пространстве коэффициентов весом $v(x_{ij}, y_{ij})$, соответствующим значению яркости изображения результата подчеркивания границ (рис. 3в), и

проводя их в пространстве коэффициентов a и b с яркостью, равной весу, получим изображения, подобные приведенному на рис. 4.

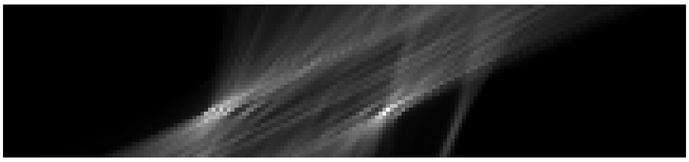


Рисунок 4 – Карта результатов преобразования Хафа

Вертикальное направление карты, приведенной на рис. 4, соответствует изменениям значений коэффициента a, горизонтальное – b. Диапазон изменения коэффициентов рассчитывается исходя из допустимых поворотов изображения номера в плоскости изображения и размеров найденного изображения номера согласно формулам:

$$a \in [-0,2;0,2] \ (0,2 \approx tg(10°)),$$

$$b \in [-a_{max} W; H + a_{max} W],$$

где a_{max} – максимальное значение a, W – ширина изображения номера, H – высота изображения номера. Наиболее яркие точки изображения карты результатов преобразования Хафа (рис. 4) соответствуют наиболее ярким прямым исходного изображения границ (рис. 3в), что позволяет определить уравнения этих прямых и, соответственно, углы их наклона. Так как искомыми являются прямые, соответствующие верхней и нижней границе номерного знака, то для определения наиболее вероятного угла поворота номера на изображении карты результатов преобразования Хафа ищутся две точки, имеющие одно значение a и разные значения b, с наибольшей суммарной яркостью. Значение параметра a найденных точек полностью определяет угол наклона изображения номерного знака ($a = tg(\varphi)$).

Сегментация символов на изображении автомобильного номера

Для сегментации символов на автомобильном номере предлагается использовать подход, основанный на подгонке под реальное изображение различных моделей расположения символов на номере. Каждая из моделей соответствует определенному стандарту расположения символов. В данной статье рассматриваются две модели расположения символов в однострочных номерных знаках, которые можно представить следующими типами: {ББ ЦЦЦЦ ББ} и {ЦЦЦ-ЦЦ ББ}, где Б – буква, Ц – цифра.

Каждую модель можно представить в виде изображения темных прямоугольников, соответствующих символам, на светлом фоне, как показано на рис. 5.

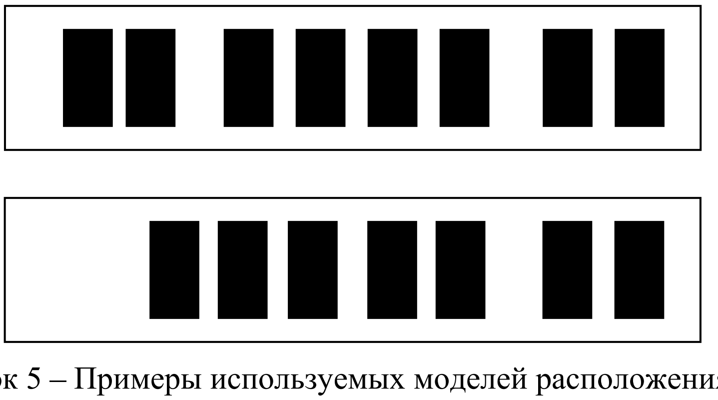


Рисунок 5 – Примеры используемых моделей расположения символов

Если номера имеют другой тип, например, белые символы на красном фоне, или на черном, то перед сопоставлением модели с изображением последнее можно инвертировать по яркости.

В качестве критерия соответствия модели изображению номера используется величина:

$$K(x, y, W, H) = \frac{S_w - S_b}{\sigma_w}.$$

Здесь S_w – средняя яркость изображения под светлой областью, S_b – средняя яркость изображения под черной областью, σ_w – средний квадратический разброс яркости изображения под светлой областью, x и y – координаты модели внутри изображения номера, W и H – горизонтальный и вертикальный размеры модели. Чем больше значение критерия $K(x, y, W, H)$, тем больше модель соответствует изображению номера. Подгонка модели под изображение заключается в выборе согласно принятому критерию наилучшего положения и размеров модели. После этого, согласно тому же критерию, принимается решение о наилучшем типе модели для текущего изображения номера. Если учитывать возможные погрешности при нормализации номера, на основе предложенного критерия можно независимо определить более точное положение для каждого символа отдельно вблизи найденного его положения с использованием всей модели.

Вычисление значения критерия $K(x, y, W, H)$ в каждом возможном положении модели внутри изображения номерного знака может быть эффективно выполнено на основе использования интегральных изображений для исходного изображения номера и изображения квадратов значений яркости его пикселей [4].

Примеры совместной работы последовательных этапов нормализации изображения номера и сегментации символов приведены на рис. 6. В верхней строке рис. 6 показаны исходные изображения номеров, во второй строке – результат их нормализации, в нижней строке – результат сегментации символов на номере (каждый символ представляет собой отдельное изображение).



Рисунок 6 – Примеры работы алгоритмов нормализации изображения номера и сегментации символов

Полученные после сегментации изображения символов позволяют использовать их для решения задачи распознавания. Предложенный алгоритм сегментации позволяет также определить тип номерного знака, а следовательно, выяснить, является ли каждый из символов буквой или цифрой, что позволит облегчить анализ изображений на последующем этапе распознавания. Предложенные достаточно простые модели позволяют выполнять операцию сегментации с высокой эффективностью по качеству и скорости, а также позволяют в случае необходимости без значительных дополнительных усилий расширить число используемых моделей номерного знака путем введения в рассмотрение других возможных расположений символов.

Выводы

Рассмотренные в статье алгоритмы нормализации изображений номерных знаков по углу поворота и сегментации символов на них по качеству и скорости работы позволяют использовать их в системе распознавания автомобильных номеров в качестве предварительных этапов подготовки изображений к распознаванию. Предложенные модели изображений номеров могут быть легко дополнены или заменены другими моделями, соответствующими другим стандартам расположения символов на номере. Получаемая на этапе сегментации информация позволяет определить также и тип номера, что упрощает дальнейшее распознавание за счет знания о принадлежности символа буквам или цифрам. Дальнейшие исследования в направлении создания системы автоматического распознавания могут быть связаны с разработкой алгоритмов распознавания символов номера, получаемых на выходе разработанного комплекса алгоритмов нормализации и сегментации изображения номерного знака.

Литература

1. Мурыгин К.В. Обнаружение автомобильных номеров на основе смешанного каскада классификаторов / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2010. – № 2. – С. 147-152.
2. Знаки номерні транспортних засобів : ДСТУ 4278:2004. – [Чинний від 2004-02-20]. – К. : Держстандарт України, 2004. – 22 с. – (Національний стандарт України).
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс – М. : Техносфера, 2006. – 1072 с.
4. Paul Viola. Robust real-time object detection / Paul Viola, Michael J. Jones // Proc. of IEEE Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision. – 2001.

Муригін К.В.

Нормалізація зображення автомобільного номеру та сегментація символів для подальшого розпізнавання

У статті приводяться результати рішення задачі нормалізації автомобільного номера і виявлення символів на зображенні номера для проведення подальшого розпізнавання. Під нормалізацією тут розуміється поворот зображення номера в площині зображення так, щоб рядок символів розташовувався горизонтально. Для рішення цієї задачі використовується глобальний аналіз зображення за допомогою перетворення Хафа. Сегментація символів ґрунтується на використанні моделей розташування символів на номері. У ході зіставлення різних моделей з реальним зображенням визначається модель, що має найкращу відповідність, параметри якої використовуються для одержання координат символів. Такий підхід дозволив також визначати тип номера і приналежність символу до букв або цифр, що спрощує задачу їх подальшого розпізнавання. Запропонований алгоритм нормалізації і сегментації символів дозволяє успішно використовувати його в системах розпізнавання автомобільних номерів.

Murygin K.V.

Normalization of the Image of a Car Plate and Segmentation of Symbols for the Subsequent Recognition

In the article results of the decision of a problem of normalization of a car plates and detection of symbols on the image of plate for carrying out of their further recognition are resulted. Normalization here is understood as rotation of the image of plate in an image plane so that the line of symbols settled down horizontally. For the decision of this problem the global analysis of the image by means of Hough’s transformation is used. Segmentation of symbols is based on use of models of an arrangement of symbols on plate. During comparison of various models to the real image the model having the best conformity which parameters are used for detection of symbols location is defined. Such approach allowed to define also type of car plate and a symbol accessory to letters or figures that facilitates their further recognition. The offered algorithm of normalization and segmentation of symbols allows to use successfully it in systems of recognition of car plates.

Статья поступила в редакцию 31.05.2010.